

К.А. Колобова, И.Е. Тюгашев[✉], А.С. Колясникова

Институт археологии и этнографии СО РАН
Новосибирск, Россия
E-mail: tgshgr@yandex.ru

Применение тернарных графиков для визуализации и анализа данных в палеолитоведении

В статье представлен методологический подход к применению тернарных графиков для многомерного анализа и визуализации археологических данных в палеолитоведении. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью широкого применения эффективных инструментов для интерпретации сложных взаимосвязей в трехкомпонентных системах, характерных для типологических, технологических и тафономических исследований в палеолитоведении. Несомненным преимуществом применения тернарных графиков является их простота и доступность. Для их построения и интерпретации специалистам-археологам не требуется профильное обучение методам математической статистики. Подробно анализируются принципы построения тернарных графиков, их информационная емкость и ограничения. Тернарные графики способны визуализировать соотношения между тремя признаками выборок в трехмерном или двумерном пространстве, что позволяет оперативно оценить и наглядно показать наличие/отсутствие корреляционных взаимосвязей, кластеров или выбросов. Преимущество заключается в возможности работы с выборками различной природы и масштаба. Недостатками тернарных графиков являются отсутствие учета статистического веса выборок и предварительность сделанных на основе графиков выводов, необходимость их статистической верификации. Практическая значимость метода демонстрируется на разнообразном археологическом материале: при анализе каменных индустрий верхнепалеолитической кульбулакской культуры в Памиро-Тянь-Шане и стоянок Ушбулак, Карасай в Восточном Казахстане, реконструкции профилей смертности фауны в среднепалеолитическом комплексе Чагырской пещеры на Алтае, а также при обработке планиграфических данных. Особую ценность публикация представляет для русскоязычного археологического сообщества, восполняя дефицит методических работ по современным методам количественного анализа. Предлагаемый аппарат позволяет выявлять хронологические тренды, коррелировать археологические комплексы и интерпретировать технологическую вариабельность на основе компактного и интуитивно понятного представления данных.

Ключевые слова: тернарный график, многомерный статистический анализ, визуализация археологических данных, палеолитические исследования, методология археологических исследований, количественные методы.

K.A. Kolobova, I.E. Tyugashev[✉], A.S. Koliashnikova

Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS
Novosibirsk, Russia
E-mail: tgshgr@yandex.ru

Application of Ternary Plots for Data Visualization and Analysis in Paleolithic Studies

The article presents a methodological approach to the application of ternary plots for the multivariate analysis and visualization of archaeological data in Paleolithic studies. The relevance of the study is determined by the need for the widespread adoption of effective tools for interpreting complex relationships within three-component systems characteristic of typological, process, and taphonomic studies in Paleolithic studies. An undeniable advantage of using ternary plots is their simplicity and accessibility. Their construction and interpretation do not require archaeologists to have specialized training in mathematical statistics methods. The principles of constructing ternary plots, their informational capacity, and limitations are analyzed in detail. Ternary plots are capable of visualizing the relationship between three variables of samples in either three-dimensional or two-dimensional space. This allows for the rapid assessment and clear visualization of the presence or absence of correlational relationships, clusters, or outliers. A key advantage is ensured by their ability to handle samples of diverse natures and scales. Disadvantages of ternary plots include the failure to account for the statistical weight of samples and the preliminary

nature of conclusions drawn therefrom, necessitating subsequent statistical verification. The practical utility of the method is demonstrated by using diverse archaeological materials: through the analysis of lithic industries from the Upper Paleolithic Kulbulakian in the Pamir-Tian Shan region and the Ushbulak and Karasai sites in Eastern Kazakhstan, the reconstruction of mortality profiles of fauna from the Middle Paleolithic complex of Chagyrskaya Cave in the Altai, as well as in the processing of planigraphic data. This publication is of particular value to the Russian-speaking archaeological community, addressing a gap in methodological literature on modern quantitative analysis techniques. The proposed framework enables the identification of chronological trends, correlation of archaeological complexes, and interpretation of technological variability based on a compact and intuitive data representation.

Keywords: ternary plots, multivariate statistical analysis, archaeological data visualization, Paleolithic studies, methodology of archaeological research, quantitative methods.

Визуализация данных представляет собой существенный компонент археологических исследований, поскольку обеспечивает репрезентацию значительных массивов информации в компактной и доступной для восприятия форме. Традиционно для этой цели применяются таблицы или стандартные типы графиков, такие как гистограммы и диаграммы рассеяния. Однако потенциал таблиц в контексте визуального анализа ограничен, а возможности стандартных графических методов зачастую оказываются недостаточными для решения научных задач, связанных с многомерной корреляцией и интерпретацией сложных взаимосвязей. Указанные ограничения могут быть преодолены за счет применения инструментария математической статистики, что, в свою очередь, требует от исследователей наличия специальной подготовки, которая не всегда обеспечена в условиях конкретных изысканий. В настоящей статье предлагается метод визуализации данных на основе тернарных диаграмм, преимуществом которого является интуитивная интерпретируемость и отсутствие необходимости в дополнительном обучении.

Тернарный график представляет собой инструмент для визуализации соотношений между тремя признаками/переменными, сумма значений которых равна 100 %. Геометрически он изображается в виде равностороннего треугольника, каждая вершина которого соответствует 100 % значения одной переменной. Внутреннее пространство треугольника отражает все возможные комбинации долей этих трех переменных. Позиция точки, представляющей собой артефакт или комплекс артефактов, однозначно определяется пропорциями трех анализируемых признаков. Данный метод позволяет проводить сравнительный анализ неограниченного количества выборок или наблюдений, включая нерепрезентативные выборки или выборки (комплексы, коллекции) малого размера. Ключевым преимуществом тернарных диаграмм является их способность эффективно работать с данными различной природы и масштаба, что делает их универсальным инструментом в исследовательской археологической практике.

Существуют трехмерные и двумерные модификации тернарных графиков. В данной работе основное внимание уделяется двумерному представлению, по-

скольку оно обеспечивает наиболее компактную и наглядную репрезентацию значительных массивов информации.

Интерпретация тернарной диаграммы интуитивно понятна и не сопряжена с какими-либо трудностями. Положение точки, репрезентирующей артефакт или комплекс артефактов, напрямую коррелирует с пропорциями трех анализируемых признаков: чем ближе точка расположена к той или иной вершине треугольника, тем выше доля соответствующей ей переменной.

Количественный анализ позиции точки основывается на определении ее расстояний до трех вершин, которые однозначно характеризуют вклад каждой переменной. Для более точного, нежели визуальная оценка, определения координат может быть применен метод построения перпендикуляров от данной точки к каждой из сторон треугольника. Протяженность этих перпендикуляров (или их проекций на оси) пропорциональна процентному содержанию каждого из трех признаков.

В качестве примера, иллюстрирующего возможности применения тернарного графика, были выбраны пластинки с разными типами латеральных профилей из комплексов верхнепалеолитической кулбулакской культуры в западной части Центральной Азии [Kolobova et al., 2016]. Латеральные профили пластинок отражают применение кареноидной технологии, в рамках которой велось целевое производство пластинок с изогнутыми или закрученными профилями. Содержание пластинок с тремя различными профилями в рамках традиционного подхода изображено в гистограмме (рис. 1, 1). Как мы видим, гистограмма отображает все корректно, однако не дает возможности корреляции комплексов по трем параметрам между собой, поскольку порядок их расположения задается в исходной таблице.

Эти данные могут быть отображены в трехмерном графике (рис. 1, 2), который уже позволяет коррелировать комплексы по трем переменным. Однако при увеличении числа комплексов прочтение графика и тем более его интерпретация будут представлять значительные когнитивные трудности.

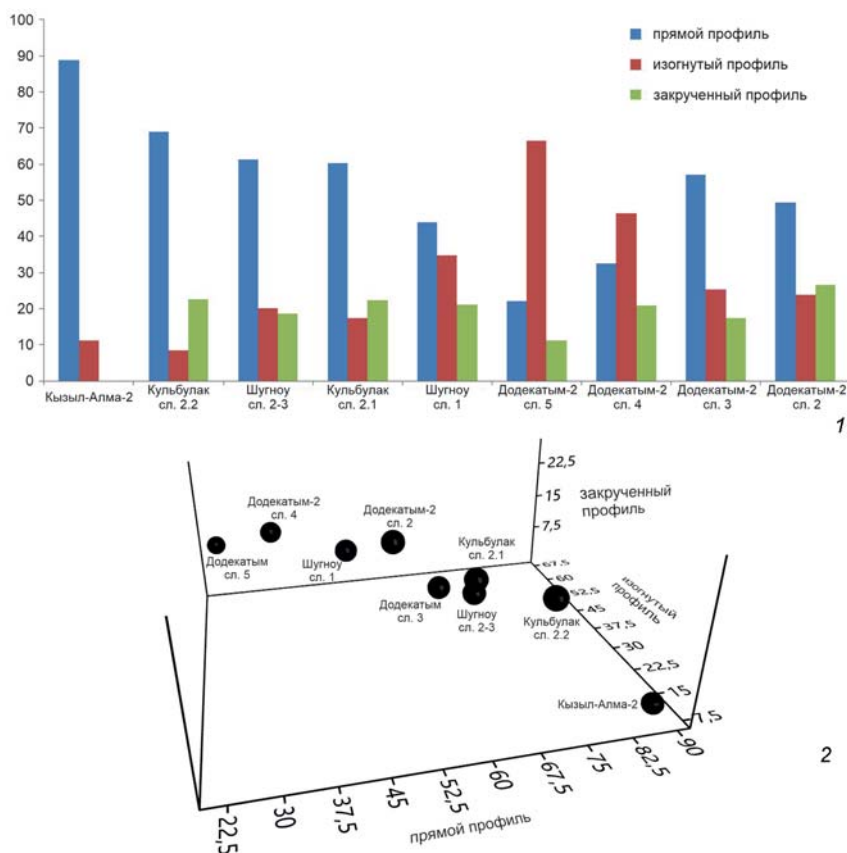
В связи с тем, что сумма значений трех переменных в тернарной системе константна и равна 100 %, пространство возможных состояний является дву-

Рис. 1. Распределение комплексов кульбулакской культуры в зависимости от содержания в них пластинок с разными типами латеральных профилей.

1 – гистограмма; 2 – трехмерный график.

мерным: при фиксации двух значений третье определяется однозначно. Это свойство позволяет визуализировать трехкомпонентные данные в двумерном пространстве, что и демонстрируется на тернарном графике (рис. 2, 1). Подобное представление обеспечивает наглядный анализ корреляционных взаимосвязей между комплексами артефактов по трем рассматриваемым признакам, позволяя идентифицировать как тесные кластеры, так и выбросы. В целом предложенная визуализация не только отражает внутреннюю вариабельность комплексов кульбулакской культуры, но и выявляет общую хронологическую тенденцию их развития. В частности, график наглядно иллюстрирует редукцию производства пластинок с кареноидных ядрищ на ее финальном этапе.

Вторым примером приведено содержание сколов разных типов в комплексах стоянок Ушбулак в Се-



веро-Восточном Казахстане и близлежащей стоянке Карасай. Тернарный график, построенный по опубликованным данным [Павленок и др., 2021, 2024; Анойкин и др., 2017, 2018; Деревянко и др., 2017; Шуньков и др., 2016], отражает хронологию комплексов (от начального верхнего палеолита до позднего

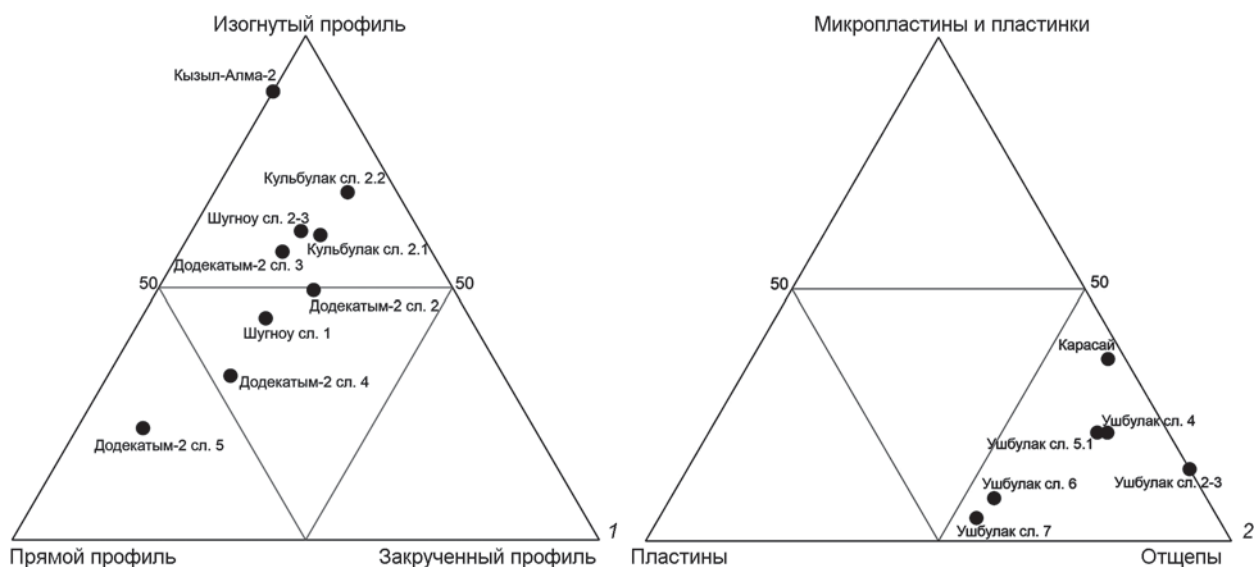


Рис. 2. Тернарные графики.

1 – распределение комплексов кульбулакской культуры в зависимости от содержания в них пластинок с разными типами латеральных профилей; 2 – распределение комплексов стоянок Ушбулак и Карасай в зависимости от структуры коллекции сколов.



Рис. 3. Пример использования тернарной диаграммы для определения профиля смертности бизонов, добытых неандертальцами Чагырской пещеры, Алтай (по: [Колясникова и др., 2025]).

палеолита) и постепенное увеличение доли микропластин и пластинок в поздних ансамблях (рис. 2, 2). Это полностью соответствует уже опубликованным наблюдениям исследователей памятников, однако представляет данные в компактном виде [Павленок и др., 2024; Kharevich et al., 2022; Pavlenok et al., 2020; Shunkov et al., 2019].

Тернарные диаграммы активно используются в зооархеологических исследованиях. Зачастую они применяются для визуализации возрастного состава животных и определения их профиля смертности (рис. 3). Такие изображения демонстрируют, особи какой возрастной категории (молодые, взрослые и старые) преобладают в изучаемой выборке фаунистических остатков, что дает основания для определения наличия специализации охотников на животных определенного возраста [Stiner, 1990; Gaudzinski, 1995]. Ключевое преимущество тернарных диаграмм заключается в их способности обеспечивать наглядное сравнение множества выборок одновременно, даже при работе с относительно небольшими объемами данных (от 12 особей) [Stiner, 1990]. Реже тернарные графики используются в зооархеологических работах с целью визуализации распределения фаунистических остатков с памятника по видам животных, это позволяет оценить распределение остатков разных видов или весовых категорий животных [Fourvel et al., 2014]. Так был построен профиль смертности бизонов из комплекса слоя 6в/2 Чагырской пещеры (рис. 3), демонстрирующий катастрофический вариант, что соответствует выводам о доминировании человека в тафоценозе нижних слоев памятника [Колобова, Маркин, Чабай, 2016; Шалагина и др., 2020; Колясникова и др., 2025].

Широкое распространение приобрел тернарный метод визуализации данных при оценке вмещающих археологические горизонты отложений. В рамках этого подхода обычно анализируются две трехмерные координаты удлиненных артефактов, которые по опубликованному алгоритму включаются в тернарную основу. В зарубежных исследованиях этот подход имеет значительное распространение, особенно в планиграфических исследованиях [Bertran, Texier, 1995; McPherron, 2018], в русскоязычных исследованиях он только начинает использоваться [Марченко и др., 2023].

Самым значимым примером применения тернарных графиков в палеолитоведении является распределение микокских стоянок Крыма по соотношению орудий: простых скребел, конвергентных скребел и двухсторонних орудий. С помощью этого графика исследователи смогли обосновать распределение микокских стоянок по фациям среднего палеолита в зависимости от удаленности до источников каменного сырья и тем самым объяснить вариабельность стоянок этой культурной традиции [Чабай, 2004]. До этого исследования не существовало объяснения вариабельности микокских комплексов в Центральной и Восточной Европе.

Рамки применения тернарных графиков в археологии не ограничиваются эпохой каменного века. Так, в археологии бронзового века основными компонентами бронзы являются Cu-As-Ni с различными примесями. При исключении незначительной доли примесей, которая обычно составляет менее 1 %, эти три компонента сплава рассматриваются как составляющие 100 % его состава, для визуализации чего строятся тернарные графики [Uhland, Lechtman, Kaufman, 2001].

Наряду с очевидными преимуществами, метод тернарных графиков обладает рядом ограничений, существенных для визуализации и анализа археологических данных. Во-первых, данный метод не репрезентирует информацию об объеме выборок. Как следствие, на графике точка, соответствующая единичному артефакту, визуальнo сопоставляется с точкой, представляющей крупную коллекцию, насчитывающую тысячи предметов, что может привести к некорректной интерпретации археологического значения и статистического веса наблюдений.

Во-вторых, выводы, формулируемые на основе визуальной оценки пространственного распределения кластеров (например, гипотезы о сходстве или различии групп), носят исключительно предварительный характер. Для установления статистической значимости таких наблюдений необходима их последующая верификация с помощью формальных статистических методов.

Благодарности

Исследование выполнено по проекту НИР ИАЭТ СО РАН № FWZG-2025-0007 «Применение цифровых техно-

логий при анализе археологических источников и реконструкции истории древних сообществ».

Список литературы

Аноikin А.А., Таймагамбетов Ж.К., Ульянов В.А., Харевич В.М., Шалагина А.В., Павленок Г.Д., Марковский Г.И., Гладышев С.А., Чеха А.М., Исаков Г.Т., Васильев С.К. Исследование индустрий начальных этапов верхнего палеолита на стоянке Ушбулак-1 (Восточный Казахстан) в 2017 году // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. – Новосибирск, Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2017. – Т. XXIII. – С. 19–25.

Аноikin А.А., Таймагамбетов Ж.К., Павленок Г.Д., Шалагина А.В., Бочарова Е.Н., Марковский Г.И., Гладышев С.А., Ульянов В.А., Чеха А.М., Козликин М.Б., Исаков Г.Т., Васильев С.К. Исследование индустрий начального верхнего палеолита на стоянке Ушбулак (Восточный Казахстан) в 2018 году // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. – Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2018. – Т. XXIV. – С. 18–24.

Деревянко А.П., Шуньков М.В., Аноikin А.А., Таймагамбетов Ж.К., Ульянов В.А., Харевич В.М., Козликин М.Б., Марковский Г.И., Шалагина А.В., Павленок Г.Д., Гладышев С.А., Чеха А.М., Исаков Г.Т. Археологические работы в Шиликтинской долине на востоке Казахстана в 2017 году // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. – Новосибирск, Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2017. – Т. XXIII. – С. 93–97.

Колобова К.А., Маркин С.В., Чабай В.П. Костяные ретушеры в среднепалеолитических комплексах Чагырской пещеры // Теория и практика археологических исследований. – 2016. – № 4 (16). – С. 35–39.

Колясникова А.С., Рендю У., Колобова К.А., Маркин С.В. Охота неандертальцев Чагырской пещеры на бизонов: отбор и транспортировка добычи // *Camera praehistorica*. – 2025 (в печати).

Марченко Д.В., Хаценович А.М., Болорбат Т., Гунчинсунен Б., Звинс Н., Пэйн К., Рыбин Е.П. Планиграфические структуры рубежа начального и раннего верхнего палеолита на стоянке Толбор-21 (Северная Монголия) // Археология, этнография и антропология Евразии. – Т. 51, № 3. – С. 59–66.

Павленок Г.Д., Бочарова Е.Н., Гирия Е.Ю., Таймагамбетов Ж.К., Аноikin А.А. Развитый верхний палеолит в Восточном Казахстане (по материалам стоянки Ушбулак) // *Stratum plus*. – 2024. – № 1. – С. 257–275.

Павленок Г.Д., Гладышев С.А., Ульянов В.А., Бочарова Е.Н., Курбанов Р.Н., Кулик Н.А., Таймагамбетов Ж.К., Аноikin А.А. Мезолит Восточного Казахстана (по материалам стоянки Карасай) // *Stratum plus*. – 2021. – № 1 – С. 301–318.

Шалагина А.В., Харевич В.М., Мори С., Бомани М., Кривошапкин А.И., Колобова К.А. Реконструкция технологических цепочек производства бифасиальных орудий в индустрии Чагырской пещеры // Сибирские исторические исследования. – 2020. – № 3. – С. 130–151.

Шуньков М.В., Таймагамбетов Ж.К., Аноikin А.А., Павленок К.К., Харевич В.М., Козликин М.Б., Пав-

ленок Г.Д. Комплексы экспонированных артефактов со стоянок Ушбулак-1 и Ушбулак-2 (по результатам работ 2016 года) // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. – Новосибирск, Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2016. – Т. XXII. – С. 203–207.

Чабай В.П. Средний палеолит Крыма: стратиграфия, хронология, типологическая вариабельность, восточно-европейский контекст. – Киев: Шлях, 2004. – 324 с.

Bertran P., Texier J.-P. Fabric Analysis: Application to Paleolithic Sites // *Journal of Archaeological Science*. – 1995. – Vol. 22. – P. 521–535.

Fourvel J.B., Fosse P., Fernandez P., Antoine P.O. The Cave of Fouvent, also called Abri Cuvier (Fouvent-le-Bas, Haute-Saône, France): Taphonomical analysis of a Late Pleistocene Hyena Den (OIS3) // *PALEO. Revue d'archéologie préhistorique*. – 2014. – No. 25. – P. 79–99.

Gaudzinski S. Wallertheim revisited: a re-analysis of the fauna from the Middle Palaeolithic site of Wallertheim (Rheinhessen/Germany) // *J. of Archaeol. Sci.* – 1995. – Vol. 22. – No. 1. – P. 51–66.

Kharevich V., Kharevich A., Pavlenok G., Bocharova E., Taimagambetov Zh., Anoin A. Ten millennia without the Levallois technique: primary knapping methods in Initial Upper Paleolithic industries at the Ushbulak site, eastern Kazakhstan // *Archaeological and Anthropological Sciences*. – 2022. – Vol. 14, No. 207. – doi:10.1007/s12520-022-01672-6

Kolobova K.A., Flas D., Krivoshapkin A.I., Pavlenok K.K., Vandenberghe D., De Dapper M. Reassessment of the Lower Paleolithic (Acheulean) presence in the western Tien Shan // *Archaeological and Anthropological Sciences*. – 2016. – Vol. 10. – P. 615–630.

McPherron S.J.P. Additional statistical and graphical methods for analyzing site formation processes using artifact orientations // *PLoS ONE*. – 2018. – Vol. 13 (1): e0190195. – doi:10.1371/journal.pone.0190195

Pavlenok G., Bocharova E., Gladyshev S., Ulianov V., Markovskiy G., Kharevich V., Taimagambetov Zh., Anoin A. The Karasai site: The first stratified Mesolithic assemblage in eastern Kazakhstan // *Archaeological Research in Asia*. – 2020. – Vol. 25. – doi:10.1016/j.ara.2020.100249

Shunkov M.V., Anoin A.A., Pavlenok G.D., Kharevich V.M., Shalagina A.V., Zotkina L.V., Taimagambetov Z.K. Nouveau site Paléolithique supérieur ancien au nord de l'Asie Centrale // *Anthropologie*. – 2019. – Vol. 123 (2). – P. 438–451.

Stiner M.C. The use of mortality patterns in archaeological studies of hominid predatory adaptations // *J. of Anthropol. Archaeol.* – 1990. – Vol. 9, No. 4. – P. 305–351.

Uhland S., Lechtman H., Kaufman L. Assessment of the As-Cu-Ni system: An example from archaeology // *Calphad*. – 2001. – Vol. 25 (1). – P. 109–124.

References

Anoin A.A., Taimagambetov Zh.K., Pavlenok G.D., Shalagina A.V., Bocharova E.N., Markovsky G.I., Gladyshev S.A., Ulianov V.A., Chekha A.M., Kozlikin M.B., Isakov G.T., Vasiliev S.K., Shunkov M.V. Studies of the Initial Upper Paleolithic Industry at the Ushbulak Site (Eastern Kazakhstan) in 2018. In *Problems of Archaeology, Ethnography, Anthropology of Siberia and Neighboring Territories*,

Novosibirsk: IAET SB RAS Publ., 2018. Vol. XXIV. P. 18–24. (In Russ.).

Anoykin A.A., Taimagambetov Zh.K., Uliyanov V.A., Kharevich V.M., Shalagina A.V., Pavlenok G.D., Markovsky G.I., Gladyshev S.A., Chekha A.M., Iskakov G.T., Vasiliev S.K. Research of the Initial Upper Paleolithic Industry at the Ushbulak-1 Site (Eastern Kazakhstan) in 2017. In *Problems of Archaeology, Ethnography, Anthropology of Siberia and Neighboring Territories*, Novosibirsk: IAET SB RAS Publ., 2017. Vol. XXIII. P. 19–25. (In Russ.).

Bertran P., Texier J.-P. Fabric Analysis: Application to Paleolithic Sites. *Journal of Archaeological Science*, 1995. Vol. 22. P. 521–535.

Chabai V.P. The Middle Paleolithic of Crimea: Stratigraphy, Chronology, Typological Variability & Eastern European Context. Kiev: Shlyah, 2004. 324 p. (In Russ.).

Derevianko A.P., Shunkov M.V., Anoikin A.A., Taimagambetov Zh.K., Uliyanov V.A., Kharevich V.M., Kozlikin M.B., Markovskii G.I., Shalagina A.V., Pavlenok G.D., Gladyshev S.A., Chekha A.M., Iskakov G.T. The 2017 Archaeological Study in the Shilikty Valley in the East Kazakhstan Region. In *Problems of Archaeology, Ethnography, Anthropology of Siberia and Neighboring Territories*, Novosibirsk: IAET SB RAS Publ., 2017. Vol. XXIII. P. 93–97. (In Russ.).

Fourvel J.B., Fosse P., Fernandez P., Antoine P.O. The Cave of Fouvent, also called Abri Cuvier (Fouvent-le-Bas, Haute-Saône, France): Taphonomical analysis of a Late Pleistocene Hyena Den (OIS3). *PALEO. Revue d'archéologie préhistorique*, 2014. No. 25. P. 79–99.

Gaudzinski S. Wallertheim revisited: a re-analysis of the fauna from the Middle Palaeolithic site of Wallertheim (Rheinhessen / Germany). *Journal of Archaeological Science*, 1995. Vol. 22. No. 1. P. 51–66.

Kharevich V., Kharevich A., Pavlenok G., Bocharova E., Taimagambetov Zh., Anoikin A. Ten millennia without the Levallois technique: primary knapping methods in Initial Upper Paleolithic industries at the Ushbulak site, eastern Kazakhstan. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 2022. Vol. 14. P. 207. doi:10.1007/s12520-022-01672-6

Koliasnikova A.S., Rendu W., Kolobova K.A., Markin S.V. Prey Selection and Transport Patterns in Neanderthal Bison Hunting: Evidence from Chagyrskaya Cave. *Camera praehistorica*, 2025 (in press). (In Russ.).

Kolobova K.A., Flas D., Krivoshepkin A.I., Pavlenok K.K., Vandenberghe D., De Dapper M. Reassessment of the Lower Paleolithic (Acheulean) presence in the western Tien Shan. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 2016. Vol. 10. P. 615–630.

Kolobova K.A., Markin S.V., Chabai V.P. Bone retouchers in the Middle Paleolithic complexes of Chagyrskaya cave. *Theory and practice of archaeological research*, 2016. No. 4 (16). P. 37–42. (In Russ.).

Marchenko D.V., Khatsenovich A.M., Bolorbat T., Gunchinsuren B., Zwyns N., Paine C., Rybin E.P. Spatial Structures of the Initial/Early Upper Paleolithic at Tolbor-21, Northern Mongolia. *Archaeology, Ethnology and Anthropology of Eurasia*, 2023. Vol. 51. No. 3. P. 59–66.

McPherron S.J.P. Additional statistical and graphical methods for analyzing site formation processes using artifact orientations. *PLoS ONE*, 2018. Vol. 13 (1): e0190195. doi:10.1371/journal.pone.0190195

Pavlenok G., Bocharova E., Gladyshev S., Uliyanov V., Markovskiy G., Kharevich V., Taimagambetov Zh., Anoikin A. The Karasai site: The first stratified Mesolithic assemblage in eastern Kazakhstan. *Archaeological Research in Asia*, 2020. Vol. 25. doi:10.1016/j.ara.2020.100249

Pavlenok G.D., Bocharova E.N., Giryа E.Y., Taimagambetov Zh.K., Anoikin A.A. Upper Palaeolithic in Eastern Kazakhstan (based on the materials of the Ushbulak site). *Stratum plus*, 2024. No. 1. P. 257–275. (In Russ.).

Pavlenok G.D., Gladyshev S.A., Uliyanov V.A., Bocharova E.N., Kurbanov R.N., Kulik N.A., Taimagambetov Zh.K., Anoikin A.A. The Mesolithic of the Eastern Kazakhstan (Based on the Karasai Site Materials). *Stratum Plus*, 2021. No. 1. P. 301–318. (In Russ.).

Shalagina A.V., Kharevich V.M., Mori S., Bomann M., Krivoshepkin A.I., Kolobova K.A. Reconstruction of the Bifacial Technological Sequence in Chagyrskaya Cave Assemblage. *Siberian Historical Studies*, 2020. No. 3. P. 130–151. (In Russ.).

Shunkov M.V., Taimagambetov Zh.K., Anoykin A.A., Pavlenok K.K., Kharevich V.M., Kozlikin M.B., Pavlenok G.D. Assemblages of Surface Artifacts from Ushbulak-1 and Ushbulak-2 Sites (Based on 2016 Research Data). In *Problems of Archaeology, Ethnography, Anthropology of Siberia and Neighboring Territories*, Novosibirsk: IAET SB RAS Publ., 2016. Vol. XXII. P. 203–207. (In Russ.).

Shunkov M.V., Anoikin A.A., Pavlenok G.D., Kharevich V.M., Shalagina A.V., Zotkina L.V., Taimagambetov Z.K. Nouveau site Paléolithique supérieur ancien au nord de l'Asie Centrale. *Anthropologie*, 2019. Vol. 123 (2). P. 438–451.

Stiner M.C. The use of mortality patterns in archaeological studies of hominid predatory adaptations. *Journal of Anthropological Archaeology*, 1990. Vol. 9. No. 4. P. 305–351.

Uhland S., Lechtman H., Kaufman L. Assessment of the As-Cu-Ni system: An example from archaeology. *Calphad*, 2001. Vol. 25 (1). P. 109–124.

Колобова К.А. <https://orcid.org/0000-0002-5757-3251>

Тюгашев И.Е. <https://orcid.org/0000-0001-5885-1535>

Колясникова А.С. <https://orcid.org/0000-0002-6356-3738>

Дата сдачи рукописи: 05.09.2025 г.